

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-339021

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl. G06T 1/00
H04N 1/387

(21)Application number : 11-027126 (71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD
K 2 T INC

(22)Date of filing : 04.02.1999 (72)Inventor : CHIBA NAOKI
KANO HIROSHI
KANEIDE TAKEO

(30)Priority

Priority number : 98 81862 Priority date : 21.05.1998 Priority country : US

(54) OPTICAL FLOW ESTIMATING METHOD AND IMAGE COMPOSITING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To ensure reliable optical flow even if there are not so many patterns in an image area by complementing optical flow in an area having low reliability which is calculated from two images with optical flow in ambient areas.

SOLUTION: To estimate optical flow, after the optical flow is calculated in every patch based on two images, an area having low reliability is divided from an area having high reliability in accordance with the reliability of the optical flow. Next, optical flow in the area having low reliability is complemented by using optical flow in its ambient areas. The reliability γ in this case is calculated by such a manner that its characteristic value is calculated from 2×2

coefficient matrices G of an expression I which has the square of vertical and horizontal differentiation of a certain image area ω and by an expression II from variable density residual E between a smaller

characteristic value λ_{\min} and an area after

following. Thus, it is possible to obtain a panoramic image without joints from plural images.

$$G = \sum_{p \in \omega} g(p)g(p)^T \quad I$$

$$\gamma = \frac{\lambda_{\min}}{E} \quad II$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3435084

[Date of registration] 30.05.2003

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-339021

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 T 1/00

G 0 6 F 15/66

4 7 0 J

H 0 4 N 1/387

H 0 4 N 1/387

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平11-27126

(22)出願日 平成11年(1999)2月4日

(31)優先権主張番号 0 8 1 8 6 2

(32)優先日 1998年5月21日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(71)出願人 599016534

K 2 T インコーポレーテッド

アメリカ合衆国 ペンシルバニア州

15110 ドウケーン ワン サウス リン

デン ストリート

(72)発明者 千葉 直樹

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74)代理人 弁理士 香山 秀幸

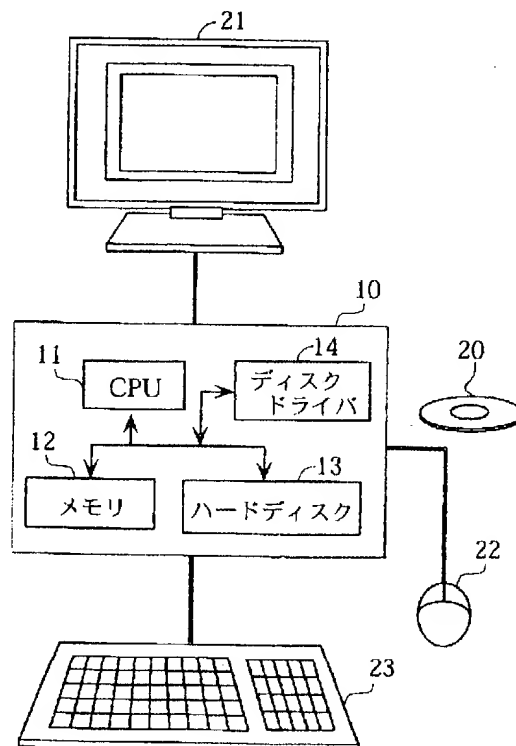
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 オプティカルフロー推定方法および画像合成方法

(57)【要約】

【目的】 この発明の目的は、画像領域に模様（テクスチャ）が少ない場合でも、信頼性のあるオプティカルフローが得られるオプティカルフロー推定方法を提供することにある。

【構成】 2枚の画像に基づいてパッチ毎にオプティカルフローを算出した後、オプティカルフローの信頼度に応じて、信頼度の低い領域と信頼度の高い領域とに分け、信頼度の低い領域のオプティカルフローを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2枚の画像に基づいてパッチ毎にオプティカルフローを算出した後、オプティカルフローの信頼度に応じて、信頼度の低い領域と信頼度の高い領域とに分け、信頼度の低い領域のオプティカルフローを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完するようにしたオプティカルフロー推定方法。

【請求項2】 信頼度 γ は、ある画像領域 ω の垂直・水平方向の微分の2乗を要素に持つ下記の数式1の 2×2 の係数行列 G からその固有値を計算し、小さい方の固有値 λ_{\min} と追跡後の領域間の濃淡残差 E から、下記の数式2によって求められる請求項1に記載のオプティカルフロー推定方法。

【数1】

$$G = \sum_{p \in \omega} g(p) g(p)^T$$

【数2】

$$\gamma = \frac{\lambda_{\min}}{E}$$

【請求項3】 第1画像と第2画像とを合成する画像合成方法において、

第1画像から、第1画像と第2画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第1ステップ、

第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡する第2ステップ、

第1画像の各特徴点と第2ステップによって求められた第2画像上の対応点とに基づいて、第1画像上の点に対応する第2画像上の位置または第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第3ステップ、および得られた変換式に基づいて、第1画像と第2画像との対応点が一致するように、第1画像と第2画像とを合成する第4ステップ、

を備えていることを特徴とする画像合成方法。

【請求項4】 第1ステップは、第1画像と第2画像との重なり部を抽出するステップ、および第1画像における第2画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ、を備えていることを特徴とする請求項3に記載の画像合成方法。

【請求項5】 第1画像と第2画像との重なり部を抽出するステップでは、SSD法に基づいて第1画像と第2画像との重なり部が抽出される請求項4に記載の画像合成方法。

【請求項6】 第2ステップは、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られるオプティカルフロー

のうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完する、といったオプティカルフロー推定方法に基づいて、第1画像と第2画像とからオプティカルフローを求めるステップ、および第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、得られたオプティカルフローに基づいて追跡するステップ、からなる請求項3、4および5のいずれかに記載の画像合成方法。

【請求項7】 第1画像～第 n 画像(n は3以上の整数)の3枚以上の画像から、第1画像を基準画像として、第1画像と第 n 画像とを合成する画像合成方法において、

第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を1から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を算出する第1ステップ、第1ステップで求められた全ての変換式に基づいて、第 n 画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第2ステップ、ならびに得られた変換式に基づいて、第1画像と第 n 画像との対応点が一致するように、第1画像に第 n 画像を合成する第3ステップを備えており、

第1ステップは、次のaステップ～cステップを、 $i=1$ から、 i を1つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返し行うことを特徴とする画像合成方法。

aステップ: 第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ: 第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ: 第 i 画像の各特徴点とbステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【請求項8】 第1画像～第 n 画像(n は3以上の整数)の3枚以上の画像を、第1画像を基準として合成する画像合成方法において、

第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を1から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を求める第1ステップ、

第1ステップで求められた変換式に基づいて、第2画像から第 n 画像までの各画像毎に、各画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を算出する第2ステップ、ならびに第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像に第2画像を合成し、第3画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像と第2画像との合成画像に第3画像を合成するといった処理を順次行って、最終的に、第 n 画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて、第1

画像から第 $(n-1)$ 画像までの合成画像に第 n 画像を合成して第 1 画像～第 n 画像の合成画像を得る第 3 ステップを備えており、

第 1 ステップは、次の a ステップ～c ステップを、 $i=1$ から、 i を 1 つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返し行うことを特徴とする画像合成方法。

a ステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

b ステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ

c ステップ：第 i 画像の各特徴点と b ステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【請求項 9】 a ステップは、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップ、および第 i 画像における第 $(i+1)$ 画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ、を備えていることを特徴とする請求項 7 および 8 のいずれかに記載の画像合成方法。

【請求項 10】 第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップでは、SSD 法に基づいて第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部が抽出される請求項 9 に記載の画像合成方法。

【請求項 11】 b ステップは、階層構造化した Lucas-Kanade 法によるオブティカルフロー推定法の各段階において得られるオブティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオブティカルフローを用いて補完する、といったオブティカルフロー推定方法に基づいて、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像とからオブティカルフローを求めるステップ、および第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、得られたオブティカルフローに基づいて追跡するステップ、からなる請求項 7、8、9 および 10 のいずれかに記載の画像合成方法。

【請求項 12】 第 1 画像と第 2 画像とを合成する画像合成装置において、

第 1 画像から、第 1 画像と第 2 画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第 1 手段、

第 1 画像の各特徴点に対応する第 2 画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡する第 2 手段、

第 1 画像の各特徴点と第 2 手段によって求められた第 2 画像上の対応点とに基づいて、第 1 画像上の点に対応する第 2 画像上の位置または第 2 画像上の点に対応する第

1 画像上の位置を求めるための変換式を求める第 3 手段、および得られた変換式に基づいて、第 1 画像と第 2 画像との対応点が一致するように、第 1 画像と第 2 画像とを合成する第 4 手段、

を備えていることを特徴とする画像合成装置。

【請求項 13】 第 1 手段は、第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出する手段、および第 1 画像における第 2 画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する手段、

を備えていることを特徴とする請求項 12 に記載の画像合成装置。

【請求項 14】 第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出する手段では、SSD 法に基づいて第 1 画像と第 2 画像との重なり部が抽出される請求項 13 に記載の画像合成装置。

【請求項 15】 第 2 手段は、階層構造化した Lucas-Kanade 法によるオブティカルフロー推定法の各段階において得られるオブティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオブティカルフローを用いて補完する、といったオブティカルフロー推定方法に基づいて、第 1 画像と第 2 画像とからオブティカルフローを求める手段、および第 1 画像の各特徴点に対応する第 2 画像上の点を、得られたオブティカルフローに基づいて追跡する手段、からなる請求項 12、13 および 14 のいずれかに記載の画像合成装置。

【請求項 16】 第 1 画像～第 n 画像 (n は 3 以上の整数) の 3 枚以上の画像から、第 1 画像を基準画像として、第 1 画像と第 n 画像とを合成する画像合成装置において、

第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を 1 から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を算出する第 1 手段、

第 1 手段で求められた全ての変換式に基づいて、第 n 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式を求める第 2 手段、ならびに得られた変換式に基づいて、第 1 画像と第 n 画像との対応点が一致するように、第 1 画像に第 n 画像を合成する第 3 手段を備えており、

第 1 手段は、次の a ステップ～c ステップを、 $i=1$ から、 i を 1 つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返し行うことを特徴とする画像合成装置。

a ステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

b ステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ

c ステップ：第 i 画像の各特徴点と b ステップによって

求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【請求項 17】 第 1 画像～第 n 画像 (n は 3 以上の整数) の 3 枚以上の画像を、第 1 画像を基準として合成する画像合成装置において、

第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を 1 から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を求める第 1 手段、

第 1 手段で求められた変換式に基づいて、第 2 画像から第 n 画像までの各画像毎に、各画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式を算出する第 2 手段、ならびに第 2 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第 1 画像に第 2 画像を合成し、第 3 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第 1 画像と第 2 画像との合成画像に第 3 画像を合成するといった処理を順次行つて、最終的に、第 n 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式に基づいて、第 1 画像から第 $(n-1)$ 画像までの合成画像に第 n 画像を合成して第 1 画像～第 n 画像の合成画像を得る第 3 手段を備えており、

第 1 手段は、次の a ステップ～c ステップを、 $i=1$ から、 i を 1 つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返すことを特徴とする画像合成装置。

a ステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

b ステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ

c ステップ：第 i 画像の各特徴点と b ステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【請求項 18】 a ステップは、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップ、および第 i 画像における第 $(i+1)$ 画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップを備えていることを特徴とする請求項 16 および 17 のいずれかに記載の画像合成装置。

【請求項 19】 第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップでは、SSD 法に基づいて第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部が抽出される請求項 18 に記載の画像合成装置。

【請求項 20】 b ステップは、階層構造化した Lucas-Kanade 法によるオブティカルフロー推定法の各段階において得られるオブティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオブ

ティカルフローを用いて補完する、といったオブティカルフロー推定方法に基づいて、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像とからオブティカルフローを求めるステップ、および第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、得られたオブティカルフローに基づいて追跡するステップ、

からなる請求項 16、17、18 および 19 のいずれかに記載の画像合成装置。

【請求項 21】 第 1 画像と第 2 画像とを合成する画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であつて、

第 1 画像から、第 1 画像と第 2 画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第 1 ステップ、

第 1 画像の各特徴点に対応する第 2 画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡する第 2 ステップ、

第 1 画像の各特徴点と第 2 ステップによって求められた第 2 画像上の対応点とに基づいて、第 1 画像上の点に対応する第 2 画像上の位置または第 2 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式を求める第 3 ステップ、および得られた変換式に基づいて、第 1 画像と第 2 画像との対応点が一致するように、第 1 画像と第 2 画像とを合成する第 4 ステップ、

をコンピュータに実行させるための画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 22】 第 1 ステップは、第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出するステップ、および第 1 画像における第 2 画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ、

を備えていることを特徴とする請求項 21 に記載の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 23】 第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出するステップでは、SSD 法に基づいて第 1 画像と第 2 画像との重なり部が抽出される請求項 22 に記載の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 24】 第 2 ステップは、階層構造化した Lucas-Kanade 法によるオブティカルフロー推定法の各段階において得られるオブティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオブティカルフローを用いて補完する、といったオブティカルフロー推定方法に基づいて、第 1 画像と第 2 画像とからオブティカルフローを求めるステップ、および第 1 画像の各特徴点に対応する第 2 画像上の点を、得られたオブティカルフローに基づいて追跡するステップ、からなる請求項 21、22 および 23 のいずれかに記載の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り

可能な記録媒体。

【請求項25】 第1画像～第 n 画像（ n は3以上の整数）の3枚以上の画像から、第1画像を基準画像として、第1画像と第 n 画像とを合成する画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を1から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を算出する第1ステップ、

第1ステップで求められた全ての変換式に基づいて、第 n 画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第2ステップ、ならびに得られた変換式に基づいて、第1画像と第 n 画像との対応点が一致するように、第1画像に第 n 画像を合成する第3ステップ、

をコンピュータに実行させるための画像合成プログラムを記録しており、

第1ステップは、次のaステップ～cステップを、 $i=1$ から、 i を1つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返し行うことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

aステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ：第 i 画像の各特徴点とbステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【請求項26】 第1画像～第 n 画像（ n は3以上の整数）の3枚以上の画像を、第1画像を基準として合成する画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を1から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を求める第1ステップ、

第1ステップで求められた変換式に基づいて、第2画像から第 n 画像までの各画像毎に、各画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を算出する第2ステップ、ならびに第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像に第2画像を合成し、第3画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像と第2画像との合成画像に第3画像を合成するといった処理を順次行って、最終的に、第 n 画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて、第1画像から第 $(n-1)$ 画像までの合成画像に第 n 画像を合成して第1画像～第 n 画像の合成画像を得る第3ステ

ップ、

をコンピュータに実行させるための画像合成プログラムを記録しており、

第1ステップは、次のaステップ～cステップを、 $i=1$ から、 i を1つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返し行うことを特徴とする画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

aステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ：第 i 画像の各特徴点とbステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【請求項27】 aステップは、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップ、および第 i 画像における第 $(i+1)$ 画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ、を備えていることを特徴とする請求項25および26のいずれかに記載の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項28】 第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップでは、SSD法に基づいて第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部が抽出される請求項27に記載の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項29】 bステップは、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られるオプティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完する、といったオプティカルフロー推定方法に基づいて、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像とからオプティカルフローを求めるステップ、および第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、得られたオプティカルフローに基づいて追跡するステップ、

からなる請求項25、26、27および29のいずれかに記載の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項30】 第1画像と第2画像とを合成する機能を備えたデジタルカメラであって、第1画像から、第1画像と第2画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第1手段、

第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡する第2手

段、

第1画像の各特徴点と第2手段によって求められた第2画像上の対応点とに基づいて、第1画像上の点に対応する第2画像上の位置または第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第3手段、および得られた変換式に基づいて、第1画像と第2画像との対応点が一致するように、第1画像と第2画像とを合成する第4手段、

を備えていることを特徴とするデジタルカメラ。

【請求項31】 第1画像と第2画像とを合成する機能を備えたプリンタであって、

第1画像から、第1画像と第2画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第1手段、

第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡する第2手段、

第1画像の各特徴点と第2手段によって求められた第2画像上の対応点とに基づいて、第1画像上の点に対応する第2画像上の位置または第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第3手段、および得られた変換式に基づいて、第1画像と第2画像との対応点が一致するように、第1画像と第2画像とを合成する第4手段、

を備えていることを特徴とするプリンタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、オプティカルフロー推定方法、画像合成方法、画像合成装置、画像合成プログラムを記録した記録媒体、デジタルカメラ、プリンタに関する。

【0002】

【従来の技術】2枚の画像からオプティカルフローを算出し、得られたオプティカルフローに基づいて、2枚の画像間での位置合わせを行う技術が知られている。従来のオプティカルフローの算出方法について説明する。

【0003】(1) Lucas-Kanade法

従来から、動画像における運動物体の見かけの速度場(オプティカルフロー)を計算する手法が数多く提案されている。中でも局所勾配法であるLucas-Kanade法は、最も良い手法の一つである。その理由は、処理が高速、実装が容易、結果が信頼度を持つことである。

【0004】Lucas-Kanade法の詳細については、文献：B. Lucas and T. Kanade, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision," In Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-81), pp. 674-979, 1981を参照のこと。

【0005】以下に、Lucas-Kanade法の概要を述べる。ある時刻 t の画像座標 $P=(x, y)$ の濃淡パターン $I(x, y, t)$

が、ある微小時間後(δt)に座標 $(x + \delta x, y + \delta y)$ に、その濃淡分布を一定に保ったまま移動した時、次のオプティカルフロー拘束式3が成り立つ。

【0006】

【数3】

$$\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\delta x}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial y} \frac{\delta y}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

【0007】2次元画像でオプティカルフロー $\{v = (\delta x / \delta t, \delta y / \delta t) = (u, v)\}$ を計算するには、未知パラメータ数が2個であるので、もう一個拘束式が必要である。Lucas と Kanade (金出) は、同一物体の局所領域では、同一のオプティカルフローを持つと仮定した。

【0008】例えば、画像上の局所領域 ω 内で、オプティカルフローが一定であるとする、最小化したい濃淡パターンの二乗誤差 E は、

$$I_0(p) = I(x, y, t), I_1(p+v) = I(x+u, y+v, t+\delta t)$$

と書き改めると、次式4で定義できる。

【0009】

【数4】

$$E = \sum_{\omega} [I_1(p+v) - I_0(p)]^2$$

【0010】ここで、 v が微小な場合には、テーラー展開の2次以上の項を無視できるので、次式5の関係が成り立つ。

【0011】

【数5】

$$I_1(p+v) = I_1(p) + g(p)v$$

【0012】ここで、 $g(p)$ は、 $I_1(p)$ の一次微分である。

【0013】誤差 E が最小になるのは、 E の v に対する微分値が0の時であるので、次式6の関係が成り立つ。

【0014】

【数6】

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{\partial}{\partial v} E \\ &= \frac{\partial}{\partial v} \sum_{\omega} [I_1(p) + g(p)v - I_0(p)]^2 \\ &= \sum_{\omega} 2g(p)[I_1(p) + g(p)v - I_0(p)] \end{aligned}$$

【0015】故にオプティカルフロー v は次式7で求められる。

【0016】

【数7】

$$\mathbf{v} = \frac{\sum_{\omega} g(\mathbf{p})[I_0(\mathbf{p}) - I_1(\mathbf{p})]}{\sum_{\omega} g(\mathbf{p})^2}$$

【0017】更に、次式8に示すように、ニュートン・

$$\mathbf{v}_{k+1} = \mathbf{v}_k + \frac{\sum g_k[I_0 - I_1^k]}{\sum (g_k)^2}$$

ここで、 $I_1^k = I_1(\mathbf{p} + \mathbf{v}_k)$, $g_k = g(\mathbf{p} + \mathbf{v}_k)$, $I_0 = I_0(\mathbf{p})$ である。

【0019】(2) 階層的推定法

Lucas-Kanade法を含む勾配法の最も大きな問題点は、良好な初期値が必要なために、大きな動きに対しては適用できないことである。そこで、従来からピラミッド階層構造型に数段階の解像度の異なる画像を作成して解決する方法が提案されている。

【0020】これは、まず、2枚の連続した画像から、予めそれぞれの画像の数段階の解像度の異なる画像を作成する。次に、最も解像度の低い画像間において、おおまかなオプティカルフローを計算する。そして、この結果を参考にして、一段解像度の高い画像間においてより精密なオプティカルフローを計算する。この処理を最も解像度の高い画像間まで順次繰り返す。

【0021】図1(d)は原画像を、図1(c)は図1(d)の原画像より解像度の低い画像を、図1(b)は図1(c)の低解像度画像より解像度の低い画像を、図1(a)は図1(b)の低解像度画像より解像度の低い画像を、それぞれ示している。図1(a)～図1(d)において、Sは、1つのパッチを示している。

【0022】図1(a)の画像(階層1の画像)、図1(b)の画像(階層2の画像)、図1(c)の画像(階層3の画像)、図1(d)の画像(階層4の画像)の順番で段階的にオプティカルフローが求められる。図1(a)～図1(d)において矢印は、パッチ毎に求められた求められたオプティカルフローベクトルを示している。

【0023】しかしながら、ここでの問題点は、実画像では、十分な模様(テクスチャ)を含む領域が少なく、信頼性のあるオプティカルフローが得られないことにある。

【0024】ところで、複数の画像を貼り合わせて、視野が広く解像度の高い画像を継目なく合成する技術(イメージモザイク)が従来から活発に研究されている。古典的な応用には、航空写真、衛星写真の合成がある。最近では、複数枚のデジタル画像から継目のないパノラマ画像を合成し、臨場感の高い仮想現実環境を構築する手法が注目されている。

【0025】パノラマ画像を合成する技術としては、次の2つの方法が知られている。第1の方法は、まず、カメラを並進移動させて複数枚の画像を予め撮像してお

ラフソンの反復演算によって精度良く求めることができる。

【0018】

【数8】

く。得られた複数枚の画像をパーソナルコンピュータによって同時にモニタに表示させる。2つの画像間において対応点をユーザが指定することにより、2つの画像が合成される。

【0026】第1の方法では、カメラの運動が並進運動に限定される。また、第1の方法では、ユーザが対応点を指定する必要がある。

【0027】第2の方法は、カメラを三脚に固定し、カメラの動きを水平面での回転だけに制限して、複数枚の画像を撮像する。得られた複数枚の画像を円筒面に投影して、合成する(USP 5,396,583 参照)。

【0028】第2の方法では、カメラの動きを水平面での回転だけに制限する必要がある。また、カメラの焦点距離または画角を測定する必要がある。。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】この発明の目的は、画像領域に模様(テクスチャ)が少ない場合でも、信頼性のあるオプティカルフローが得られるオプティカルフロー推定方法を提供することにある。

【0030】この発明の他の目的は、複数の画像から継目のないパノラマ画像を得ることができ、しかも複数の画像を撮像するためのカメラに自由な運動を許容し、焦点距離の測定が不要な画像合成方法、画像合成装置、画像合成プログラムを記録した記録媒体を提供することにある。

【0031】この発明のさらに他の目的は、複数の画像から継目のないパノラマ画像を得ることができ、しかも複数の画像を撮像するためのカメラに自由な運動を許容し、焦点距離の測定が不要な画像合成を行える機能を備えたデジタルカメラまたはプリンタを提供することにある。

【0032】

【課題を解決するための手段】この発明によるオプティカルフロー推定方法は、2枚の画像に基づいてパッチ毎にオプティカルフローを算出した後、オプティカルフローの信頼度に応じて、信頼度の低い領域と信頼度の高い領域とに分け、信頼度の低い領域のオプティカルフローを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完するようにしたことを特徴とする。

【0033】信頼度 γ は、ある画像領域 ω の垂直・水平

方向の微分の2乗を要素に持つ下記の数式9の 2×2 の係数行列Gからその固有値を計算し、小さい方の固有値 λ_{\min} と追跡後の領域間の濃淡残差Eから、下記の数式10によって求められる請求項1に記載のオブティカルフロー推定方法。

【0034】

【数9】

$$G = \sum_{p \in \omega} g(p)g(p)^T$$

【0035】

【数10】

$$\gamma = \frac{\lambda_{\min}}{E}$$

【0036】この発明による第1の画像合成方法は、第1画像と第2画像とを合成する画像合成方法において、第1画像から、第1画像と第2画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第1ステップ、第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡する第2ステップ、第1画像の各特徴点と第2ステップによって求められた第2画像上の対応点とに基づいて、第1画像上の点に対応する第2画像上の位置または第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第3ステップ、および得られた変換式に基づいて、第1画像と第2画像との対応点が一致するように、第1画像と第2画像とを合成する第4ステップを備えていることを特徴とする。

【0037】第1ステップは、たとえば、第1画像と第2画像との重なり部を抽出するステップ、および第1画像における第2画像との重なり部分から、両画像間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップを備えている。

【0038】第1画像と第2画像との重なり部を抽出するステップでは、たとえば、SSD法に基づいて第1画像と第2画像との重なり部が抽出される。

【0039】第2ステップは、たとえば、階層構造化したLucas-Kanade法によるオブティカルフロー推定法の各段階において得られるオブティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオブティカルフローを用いて補完する、といったオブティカルフロー推定方法に基づいて、第1画像と第2画像とからオブティカルフローを求めるステップ、および第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、得られたオブティカルフローに基づいて追跡するステップからなる。

【0040】この発明による第2の画像合成方法は、第1画像～第n画像（nは3以上の整数）の3枚以上の画像から、第1画像を基準画像として、第1画像と第n画像とを合成する画像合成方法において、第（i+1）画

像上の点に対応する第i画像上の位置を、iを1から（n-1）までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を算出する第1ステップ、第1ステップで求められた全ての変換式に基づいて、第n画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第2ステップ、ならびに得られた変換式に基づいて、第1画像と第n画像との対応点が一致するように、第1画像に第n画像を合成する第3ステップを備えており、第1ステップは、次のaステップ～cステップを、i=1から、iを1つずつ更新してi=(n-1)まで、繰り返し行うことを特徴とする。

【0041】aステップ：第i画像から、第i画像と第（i+1）画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ：第i画像の各特徴点に対応する第（i+1）画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ：第i画像の各特徴点とbステップによって求められた第（i+1）画像上の対応点とに基づいて、第（i+1）画像上の点に対応する第i画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【0042】この発明による第3の画像合成方法は、第1画像～第n画像（nは3以上の整数）の3枚以上の画像を、第1画像を基準として合成する画像合成方法において、第（i+1）画像上の点に対応する第i画像上の位置を、iを1から（n-1）までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を求める第1ステップ、第1ステップで求められた変換式に基づいて、第2画像から第n画像までの各画像毎に、各画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を算出する第2ステップ、ならびに第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像に第2画像を合成し、第3画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像と第2画像との合成画像に第3画像を合成するといった処理を順次行って、最終的に、第n画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて、第1画像から第（n-1）画像までの合成画像に第n画像を合成して第1画像～第n画像の合成画像を得る第3ステップを備えており、第1ステップは、次のaステップ～cステップを、i=1から、iを1つずつ更新してi=(n-1)まで、繰り返し行うことを特徴とする。

【0043】aステップ：第i画像から、第i画像と第（i+1）画像との間のオブティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ：第i画像の各特徴点に対応する第（i+1）画像上の点を、両画像間のオブティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ: 第 i 画像の各特徴点と bステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【0044】 aステップは、たとえば、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップ、および第 i 画像における第 $(i+1)$ 画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップを備えていることを特徴とする。

【0045】 第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップでは、たとえば、SSD法に基づいて第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部が抽出される。

【0046】 bステップは、たとえば、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られるオプティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完する、といったオプティカルフロー推定方法に基づいて、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像とからオプティカルフローを求めるステップ、および第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、得られたオプティカルフローに基づいて追跡するステップからなる。

【0047】 この発明による第 1 の画像合成装置は、第 1 画像と第 2 画像とを合成する画像合成装置において、第 1 画像から、第 1 画像と第 2 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第 1 手段、第 1 画像の各特徴点に対応する第 2 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡する第 2 手段、第 1 画像の各特徴点と第 2 手段によって求められた第 2 画像上の対応点とに基づいて、第 1 画像上の点に対応する第 2 画像上の位置または第 2 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式を求める第 3 手段、および得られた変換式に基づいて、第 1 画像と第 2 画像との対応点が一致するように、第 1 画像と第 2 画像とを合成する第 4 手段を備えていることを特徴とする。

【0048】 第 1 手段は、たとえば、第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出する手段、および第 1 画像における第 2 画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する手段を備えている。

【0049】 第 1 画像と第 2 画像との重なり部を抽出する手段では、たとえば、SSD法に基づいて第 1 画像と第 2 画像との重なり部が抽出される。

【0050】 第 2 手段は、たとえば、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られるオプティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオプティカルフローを用

いて補完する、といったオプティカルフロー推定方法に基づいて、第 1 画像と第 2 画像とからオプティカルフローを求める手段、および第 1 画像の各特徴点に対応する第 2 画像上の点を、得られたオプティカルフローに基づいて追跡する手段からなる。

【0051】 この発明による第 2 の画像合成装置は、第 1 画像～第 n 画像 (n は 3 以上の整数) の 3 枚以上の画像から、第 1 画像を基準画像として、第 1 画像と第 n 画像とを合成する画像合成装置において、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を 1 から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を算出する第 1 手段、第 1 手段で求められた全ての変換式に基づいて、第 n 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式を求める第 2 手段、ならびに得られた変換式に基づいて、第 1 画像と第 n 画像との対応点が一致するように、第 1 画像に第 n 画像を合成する第 3 手段を備えており、第 1 手段は、次の aステップ～cステップを、 $i=1$ から、 i を 1 つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返し行うことを特徴とする。

【0052】 aステップ: 第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ: 第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ: 第 i 画像の各特徴点と bステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【0053】 この発明による第 3 の画像合成装置は、第 1 画像～第 n 画像 (n は 3 以上の整数) の 3 枚以上の画像を、第 1 画像を基準として合成する画像合成装置において、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を 1 から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を求める第 1 手段、第 1 手段で求められた変換式に基づいて、第 2 画像から第 n 画像までの各画像毎に、各画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式を算出する第 2 手段、ならびに第 2 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第 1 画像に第 2 画像を合成し、第 3 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第 1 画像と第 2 画像との合成画像に第 3 画像を合成するといった処理を順次行って、最終的に、第 n 画像上の点に対応する第 1 画像上の位置を求めるための変換式に基づいて、第 1 画像から第 $(n-1)$ 画像までの合成画像に第 n 画像を合成して第 1 画像～第 n 画像の合成画像を得る第 3 手段を備えており、第 1 手段は、次の aステップ～cステップを、 $i=1$ か

ら、 i を1つずつ更新して $i = (n-1)$ まで、繰り返して行うことを特徴とする。

【0054】aステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ：第 i 画像の各特徴点とbステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【0055】aステップは、たとえば、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップ、および第 i 画像における第 $(i+1)$ 画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップを備えている。

【0056】第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップでは、たとえば、SSD法に基づいて第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部が抽出される。

【0057】bステップは、たとえば、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られるオプティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完する、といったオプティカルフロー推定方法に基づいて、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像とからオプティカルフローを求めるステップ、および第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、得られたオプティカルフローに基づいて追跡するステップとからなる。

【0058】この発明による第1の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、第1画像と第2画像とを合成する画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、第1画像から、第1画像と第2画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第1ステップ、第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡する第2ステップ、第1画像の各特徴点と第2ステップによって求められた第2画像上の対応点とに基づいて、第1画像上の点に対応する第2画像上の位置または第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第3ステップ、および得られた変換式に基づいて、第1画像と第2画像との対応点が一致するように、第1画像と第2画像とを合成する第4ステップをコンピュータに実行させるための画像合成プログラムを記録していることを特徴とする。

【0059】第1ステップは、たとえば、第1画像と第2画像との重なり部を抽出するステップ、および第1画像における第2画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップを備えている。

【0060】第1画像と第2画像との重なり部を抽出するステップでは、たとえば、SSD法に基づいて第1画像と第2画像との重なり部が抽出される。

【0061】第2ステップは、たとえば、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られるオプティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完する、といったオプティカルフロー推定方法に基づいて、第1画像と第2画像とからオプティカルフローを求めるステップ、および第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、得られたオプティカルフローに基づいて追跡するステップからなる。

【0062】この発明による第2の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、第1画像～第 n 画像(n は3以上の整数)の3枚以上の画像から、第1画像を基準画像として、第1画像と第 n 画像とを合成する画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を1から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を算出する第1ステップ、第1ステップで求められた全ての変換式に基づいて、第 n 画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第2ステップ、ならびに得られた変換式に基づいて、第1画像と第 n 画像との対応点が一致するように、第1画像に第 n 画像を合成する第3ステップ、をコンピュータに実行させるための画像合成プログラムを記録しており、第1ステップは、次のaステップ～cステップを、 $i=1$ から、 i を1つずつ更新して $i = (n-1)$ まで、繰り返して行うことを特徴とする。

【0063】aステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ：第 i 画像の各特徴点とbステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【0064】この発明による第3の画像合成プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、第1画像～第 n 画像(n は3以上の整数)の3枚以上の画像を、第1画像を基準として合成する画像合成プログラ

ムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を、 i を1から $(n-1)$ までの各整数として、それぞれ求めるための変換式を求める第1ステップ、第1ステップで求められた変換式に基づいて、第2画像から第 n 画像までの各画像毎に、各画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を算出する第2ステップ、ならびに第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像に第2画像を合成し、第3画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて第1画像と第2画像との合成画像に第3画像を合成するといった処理を順次行って、最終的に、第 n 画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式に基づいて、第1画像から第 $(n-1)$ 画像までの合成画像に第 n 画像を合成して第1画像～第 n 画像の合成画像を得る第3ステップ、をコンピュータに実行させるための画像合成プログラムを記録しており、第1ステップは、次のaステップ～cステップを、 $i=1$ から、 i を1つずつ更新して $i=(n-1)$ まで、繰り返し行うことを特徴とする。

【0065】aステップ：第 i 画像から、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップ

bステップ：第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡するステップ

cステップ：第 i 画像の各特徴点とbステップによって求められた第 $(i+1)$ 画像上の対応点とに基づいて、第 $(i+1)$ 画像上の点に対応する第 i 画像上の位置を求めるための変換式を求めるステップ

【0066】aステップは、たとえば、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップ、および第 i 画像における第 $(i+1)$ 画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出するステップを備えていることを特徴とする。

【0067】第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部を抽出するステップでは、たとえば、SSD法に基づいて第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像との重なり部が抽出される。

【0068】bステップは、たとえば、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られるオプティカルフローのうち、信頼度の低いものを、その周囲の領域のオプティカルフローを用いて補完する、といったオプティカルフロー推定方法に基づいて、第 i 画像と第 $(i+1)$ 画像とからオプティカルフローを求めるステップ、および第 i 画像の各特徴点に対応する第 $(i+1)$ 画像上の点を、得られたオプティカルフローに基づいて追跡するステップとからな

る。

【0069】この発明によるデジタルカメラは、第1画像と第2画像とを合成する機能を備えたデジタルカメラであって、第1画像から、第1画像と第2画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第1手段、第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡する第2手段、第1画像の各特徴点と第2手段によって求められた第2画像上の対応点とに基づいて、第1画像上の点に対応する第2画像上の位置または第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第3手段、および得られた変換式に基づいて、第1画像と第2画像との対応点が一致するように、第1画像と第2画像とを合成する第4手段を備えていることを特徴とする。

【0070】この発明によるプリンタは、第1画像と第2画像とを合成する機能を備えたプリンタであって、第1画像から、第1画像と第2画像との間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像を特徴点として抽出する第1手段、第1画像の各特徴点に対応する第2画像上の点を、両画像間のオプティカルフローに基づいて追跡する第2手段、第1画像の各特徴点と第2手段によって求められた第2画像上の対応点とに基づいて、第1画像上の点に対応する第2画像上の位置または第2画像上の点に対応する第1画像上の位置を求めるための変換式を求める第3手段、および得られた変換式に基づいて、第1画像と第2画像との対応点が一致するように、第1画像と第2画像とを合成する第4手段を備えていることを特徴とする。

【0071】

【発明の実施の形態】〔1〕この発明によるオプティカルフロー推定方法についての説明。

【0072】この発明によるオプティカルフロー推定方法は、ピラミッド階層型に数段階の解像度の異なる画像を作成して、オプティカルフローを段階的に計算する階層的推定を前提としている。オプティカルフローの計算方法は、Lucas-Kanade法等の勾配法に従う。つまり、階層構造化した勾配法によるオプティカルフロー推定法を前提としている。ここでは、勾配法としてLucas-Kanade法が用いられている。

【0073】この発明によるオプティカルフロー推定方法の特徴は、階層構造化したLucas-Kanade法によるオプティカルフロー推定法の各段階において得られたオプティカルフローを、膨張処理によって補完することにある。以下、これについて詳しく説明する。

【0074】Lucas-Kanade法の長所の一つは、追跡結果が信頼性を持つことである。TomasiとKanadeとは、ある領域の追跡可能性が、以下のように微分画像から算出できることを示した(C. Tomasi and Kanade, "Shape and Motion from Image Streams: a Factorization method-P

art 3 Detection and Tracking of Point Features,"CMU-CS-91-132, Carnegie Mellon University, 1991.)。

【0075】ある領域画像 ω の垂直・水平方向の微分の2乗を要素に持つ次式11の 2×2 の係数行列 G から、その固有値を計算することで、その領域の追跡可能性を決定することができる。

【0076】

【数11】

$$G = \sum_{p \in \omega} g(p)g(p)^T$$

【0077】この行列 G の固有値が両方とも大きい場合には、その領域は直交方向に変化を持ち、一意の位置決めが可能である。従って、小さい方の固有値 λ_{\min} と、追跡後の領域間の濃淡残差 E から、追跡結果の信頼度 γ を次式12によって得ることができる。

【0078】

【数12】

$$\gamma = \frac{\lambda_{\min}}{E}$$

【0079】本発明者らは、オプティカルフローの同一階層内で信頼度の高い結果を用いて、信頼度の低い領域を補完する方法を開発した。これは、一段階粗い階層での結果を、追跡の初期値だけに用いて、着目している現段階の階層の結果には何も利用しない。代わりに、テクスチャの少ない領域のオプティカルフローはその周囲のオプティカルフローに近い値を持つと仮定し、モルフロジー処理によりフロー場を補完するものである。

【0080】図2にフローベクトルの膨張処理の様子を示す。

【0081】左図は、フローベクトルの信頼度のマップを濃淡で表したものである。ここで、黒ければ黒い程信頼度が高いとする。

【0082】まず、得られたフローをしきい値処理する。白い部分は、結果の信頼度が低いために、しきい値処理されたものである。

【0083】次に、2値画像でのモルフロジー演算による穴埋め処理を模して、フロー場において結果の膨張処理を次のように行う。ある領域 i, j のフローベクトル $u(i, j)$ は、その4近傍のフローベクトルから信頼度 γ に応じて重み付けを行って次式13のように計算できる。

【0084】

【数13】

$$u(i, j) = \sum_{p, q} \frac{\gamma(i+p, j+q) \times u(i+p, j+q)}{\gamma_A}$$

$$(p, q) = (0, 1), (0, -1), (-1, 0), (1, 0)$$

$$\gamma_A = \sum_{p, q} \gamma(i+p, j+q)$$

【0085】この処理を、しきい値処理されたすべての信頼度の低い領域が埋まるまで、繰り返す。この補完処理を、各階層において行う。なお、ある領域 i, j のフローベクトル $u(i, j)$ を、その8近傍のフローベクトルから信頼度 γ に応じて重み付けを行って算出するようにしてもよい。

【0086】図3(a)は、ある階層の画像に対してしきい値処理されたオプティカルフローを示し、図3(b)は補完後のオプティカルフローを示している。図3(a)において、矢印はしきい値処理によって信頼度が高いと判定されたオプティカルフローベクトルであり、 \times 印は信頼度が低いとされた部分を示している。

【0087】〔2〕パノラマ画像合成装置の説明

【0088】以下、複数の画像から継目のないパノラマ画像を得るためのパノラマ画像合成装置について説明する。

【0089】図4は、パノラマ画像合成装置の構成を示している。

【0090】パーソナルコンピュータ10には、ディスプレイ21、マウス22およびキーボード23が接続されている。パーソナルコンピュータ10は、CPU11、メモリ12、ハードディスク13、CD-ROMのようなリムーバブルディスクのドライブ14を備えている。

【0091】ハードディスク13には、OS(オペレーティングシステム)等の他、パノラマ画像合成プログラムが格納されている。パノラマ画像合成プログラムは、それが格納されたCD-ROM20を用いて、ハードディスク13にインストールされる。また、ハードディスク13には、デジタルカメラによって撮像された複数の画像が予め格納されているものとする。

【0092】〔2-1〕2枚の画像を合成する場合のパノラマ画像合成方法の説明

2枚の画像を合成する場合のパノラマ画像合成処理について説明する。

【0093】図4は、パノラマ画像合成プログラムが起動せしめられた場合にCPU11によって行われるパノラマ画像合成処理手順を示している。

【0094】(I) まず、ユーザによって指定された2枚の画像(第1画像及び第2画像)がメモリ12に読み込まれる(ステップ1)。

【0095】(II) 次に、2枚の画像の重なり部の抽出処理が行われる(ステップ2)。この重なり部の抽出処理は、SSD法(Sum of Square Difference)に基づい

て行われる。

【0096】つまり、まず、2枚の画像それぞれについて、原画像より解像度の低い画像 I_1 、 I_2 が生成される。2枚の低解像度画像 I_1 、 I_2 の重なり部分 ω (サイズ: $M \times N$) が、次式 14 に示すように画素あたりの 2 乗誤差 (E) を用いて求められる。画像間の移動量 (d) が可能な範囲で変化せしめられ、 E が最も小さい移動量 (d) から、重なり部が抽出される。なお、たとえば、ビデオカメラで撮像された連続する 2 枚の画像のように、2 枚の画像間での変化が小さい場合には、重なり部の抽出処理を省略することができる。

【0097】

【数 14】

$$E(d) = \frac{\sum_{\omega} (I_1(x) - I_2(x+d))^2}{M \times N}$$

【0098】(III) 次に、特徴点抽出が行われる (ステップ 3)。つまり、第 1 画像における第 2 画像との重なり部分から、両画像間のオプティカルフローによる追跡に有効な複数の部分画像 (矩形領域) が特徴点として抽出される。ただし、各特徴点は互いに重ならないように抽出される。具体的には、上述した固有値 λ_{\min} (数式 12 参照) の高い部分が特徴点として抽出される。

【0099】(IV) 次に、特徴点追跡処理が行われる (ステップ 4)。つまり、抽出された第 1 画像の特徴点の第 2 画像上の点が追跡される。

【0100】具体的には、まず、[1] で説明したオプティカルフロー推定方法で、適当なサイズ (例えば、 13×13) のパッチ毎のオプティカルフローベクトルが求められる。第 1 画像の特徴点に対応する第 2 画像上の点は、第 1 画像の特徴点の 4 近傍のパッチのフローベクトルから線形補間により画素単位以下で求められる。

【0101】(V) 次に、平面射影変換行列が算出される (ステップ 5)。対象としているシーンが遠方にある場合や、近くても建物や壁、黒板などの場合には、それらを単一平面と仮定することができる。図 6 に示すように 3 次元空間中の単一平面の点 M を 2 つの異なる視点 C_1 、 C_2 から観察した時、これらの各画像面での座標 m_1 、 m_2 の間の変換は、線形であることが射影幾何学において知られており、homography と呼ばれている (O. Faugeras, "Three-Dimension Computer Vision: A Geometric Viewpoint", MIT press, 1993.)。

【0102】すなわち、画像座標を斉次座標で表した第 2 画像上の点 $m_2 = (x_2, y_2, 1)^t$ は、第 1 画像上で対応する点 $m_1 = (x_1, y_1, 1)^t$ を持ち、それらの関係は次式 15 で定義される。

【0103】

【数 15】

$$m_1 \sim H m_2 = \begin{pmatrix} h_0 & h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 & h_5 \\ h_6 & h_7 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0104】ここで \sim は射影的に等しいことを示し、スケール因子を残す。ここでは、そして、この変換行列は、次式 16 のように書き換えることができる。

【0105】

【数 16】

$$x_1 = \frac{h_0 x_2 + h_1 y_2 + h_2}{h_6 x_2 + h_7 y_2 + 1}$$

$$y_1 = \frac{h_3 x_2 + h_4 y_2 + h_5}{h_6 x_2 + h_7 y_2 + 1}$$

【0106】(VI) 求められた平面射影変換行列に基づいて、2 つの画像の位置が合致するように、両画像が重ね合わされた画像が生成される (ステップ 6)。上記ステップ 5 では、第 2 画像上の点を第 1 画像上の位置に変換するための変換行列が求められているので、ここでは、第 1 画像を基準画像として、第 1 画像と第 2 画像とを合成した画像が得られる。

【0107】上記ステップ 5 において、第 1 画像の各特徴点に対応する第 2 画像上の点に基づいて、第 1 画像上の点を第 2 画像上の位置に変換するための変換行列を求めてもよい。第 1 画像上の点を第 2 画像上の位置に変換するための変換行列を求めた場合には、第 2 画像を基準画像として、第 1 画像と第 2 画像とを合成した画像が得られる。

【0108】(VII) 次に、2 つの画像が互いに重なり合っている部分 (以下、重合部という) に対して画素値調合が行われる (ステップ 7)。つまり、第 1 画像と第 2 画像とは、撮影条件が同じでないで、一方に比べて他方が暗い場合がある。そこで、両画像の重合部において、両画像の画素値が調合せしめられる。

【0109】画素値調合方法の一例について説明する。図 7 は、ステップ 7 において生成された画像を示している。図 7 の斜線部分は、第 1 画像 31 と第 2 画像 32 とが重なり合っている部分 (重合部) である。図 7 において、 C_1 は第 1 画像の重心位置を、 C_2 は第 2 画像の重心位置をそれぞれ示している。

【0110】重合部内の任意の点 P の第 1 画像 31 の画素値を I_1 とし、点 P の第 2 画像 32 の画素値を I_2 とし、点 P と第 1 画像の重心位置 C_1 との距離を d_1 とし、点 P と第 2 画像の重心位置 C_2 との距離を d_2 とすると、点 P の調合後の画素値 I_{blend} は、次の数式 17 で表される。

【0111】

【数 17】

$$Blen = \frac{d_2 \cdot I_1 + d_1 \cdot I_2}{d_1 + d_2}$$

【0112】上記実施の形態では、平面射影変換行列に基づいて、2つの画像の位置が合致するように、両画像が重ね合わされた画像が生成されているが、アフィン変換行列に基づいて、2つの画像の位置が合致するように、両画像が重ね合わされた画像を生成するようにしてもよい。

【0113】〔2-2〕3枚以上の画像を合成する場合のパノラマ画像合成方法の説明

3枚以上の画像を合成する場合のパノラマ画像合成処理について説明する。

【0114】〔2-2-1〕たとえば、A、B、Cの3枚の画像を、画像Bを基準画像として合成する場合

【0115】この場合には、まず、上記〔2-1〕の方法を利用して、画像A上の点を画像B上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(A \rightarrow B)$ を求める。そして、得られた平面射影変換行列 $H(A \rightarrow B)$ に基づいて、BにAを合成する。

【0116】また、上記〔2-1〕の方法を利用して、画像C上の点を画像B上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow B)$ を求める。そして、得られた平面射影変換行列 $H(C \rightarrow B)$ に基づいて、AとBの合成画像にCを合成する。

【0117】〔2-2-2〕A、B、Cの3枚の画像を、画像Aを基準画像として合成する場合

【0118】この場合の合成方法には、次の2つの方法がある。

【0119】(1) 第1方法

まず、上記〔2-1〕の方法を利用して、画像B上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ を求める。そして、得られた平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ に基づいて、画像Aに画像Bを合成する。

【0120】また、上記〔2-1〕の方法を利用して、画像C上の点を画像A上の対応する点に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow A)$ を求める。そして、得られた平面射影変換行列 $H(C \rightarrow A)$ に基づいて、画像Aと画像Bとの合成画像に画像Cを合成することができる。

【0121】(2) 第2方法

まず、上記〔2-1〕の方法を利用して、画像B上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ を求める。そして、得られた平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ に基づいて、画像Aに画像Bを合成する。

【0122】上記〔2-1〕の方法を利用して、画像C上の点を画像B上の対応する点に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow B)$ を求める。画像C上の点を画像A上の対応する点に変換するための平面射影変換行列 H

(CA)を、画像B上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ と、画像C上の点を画像B上の対応する点に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow B)$ との積 $[H(B \rightarrow A) \cdot H(C \rightarrow B)]$ によって求める。そして、得られた平面射影変換行列 $[H(C \rightarrow A) = H(B \rightarrow A) \cdot H(C \rightarrow B)]$ に基づいて、画像Aと画像Bとの合成画像にCを合成する。

【0123】なお、上記(2)の方法と同様な方法によって、4枚の画像A、B、C、Dを画像Aを基準として合成することができる。

【0124】つまり、画像B上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ 、画像C上の点を画像B上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow B)$ および画像D上の点を画像C上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(D \rightarrow C)$ をそれぞれ求める。

【0125】画像B上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ および画像C上の点を画像B上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow B)$ に基づいて、画像C上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow A) = H(B \rightarrow A) \cdot H(C \rightarrow B)$ を求める。

【0126】画像B上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ 、画像C上の点を画像B上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow B)$ および画像D上の点を画像C上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(D \rightarrow C)$ に基づいて、画像D上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(D \rightarrow A) = H(B \rightarrow A) \cdot H(C \rightarrow B) \cdot H(D \rightarrow C)$ を求める。

【0127】画像B上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(B \rightarrow A)$ に基づいて、画像Aに画像Bを合成する。

【0128】画像C上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(C \rightarrow A) = H(B \rightarrow A) \cdot H(C \rightarrow B)$ に基づいて、画像Aと画像Bとの合成画像にCを合成する。

【0129】画像D上の点を画像A上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(D \rightarrow A) = H(B \rightarrow A) \cdot H(C \rightarrow B) \cdot H(D \rightarrow C)$ に基づいて、画像Aと画像Bと画像Cとの合成画像にDを合成する。

【0130】5枚以上の画像を合成する場合も、同様な方法を採用することができる。

【0131】なお、2枚の画像を合成する場合および3枚以上の画像を合成する場合において、何れの画像を基準にするかをユーザによって選択できるようにしておくことが好ましい。

【0132】また、3枚の画像A、B、Cのうち、画像Aと画像Cとの2枚の画像のみを、画像Aを基準画像として合成する場合にも、画像C上の点を画像A上の対応

する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(CA)$ を、画像 B 上の点を画像 A 上の対応する位置に変換するための平面射影変換行列 $H(BA)$ と、画像 C 上の点を画像 B 上の対応する点に変換するための平面射影変換行列 $H(CB)$ との積 $[H(BA) \cdot H(CB)]$ によって求めることができる。

【0133】〔3〕その他の応用例の説明

【0134】上記画像合成装置において用いられたパノラマ画像合成プログラムは、単体として商品化することが可能である。たとえば、CD-ROM等のリムーバブルディスクにパノラマ画像合成プログラムを記録して、パノラマ画像合成プログラムを提供することが可能である。

【0135】また、図8に示すように、サーバ101と、ユーザ装置103とがインターネット等のネットワーク102を介して接続されているようなシステムにおいて、サーバ101のハードディスクにパノラマ画像合成プログラムのファイルを登録しておき、ユーザ装置103にそのファイルをダウンロードさせることによって、ユーザにパノラマ画像合成プログラムを提供することが可能である。

【0136】また、このパノラマ画像合成プログラムを、デジタルスチルカメラ画像印刷ラボの印刷装置、デジタルカメラ画像出力用のプリンタ、デジタルカメラ、複写機等に組み込むことができる。

【0137】図9は、パノラマ画像合成プログラムが組み込まれたデジタルスチルカメラの構成を示している。

【0138】このデジタルスチルカメラは、通常のデジタルスチルカメラと同様にCCD1、A/D変換器2、映像処理部3、CPU4、ROM5、フラッシュメモリ6、操作部7等を備えている。パノラマ画像合成プログラムは、ROM5に格納されている。

【0139】操作部7の操作により、パノラマ画像合成プログラムを起動することにより、フラッシュメモリ6に既に取り込まれている複数枚の画像を〔2-1〕または〔2-2〕で説明したような方法により合成して、1枚のパノラマ画像を生成する。生成されたパノラマ画像はフラッシュメモリ6に記憶される。

【0140】

【発明の効果】この発明によれば、画像領域に模様（テ

クスチャ）が少ない場合でも、信頼性のあるオプティカルフローが得られるオプティカルフロー推定方法が実現する。

【0141】この発明によれば、複数の画像から継目のないパノラマ画像を得ることができ、しかも複数の画像を撮像するためのカメラに自由な運動を許容し、焦点距離の測定が不要な画像合成方法が実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、階層的推定法を説明するための模式図である。

【図2】図2は、この発明によるオプティカルフロー推定方法において行われる膨張処理を説明するための模式図である。

【図3】図3は、ある階層の画像に対してしきい値処理されたオプティカルフローの例と、補完後のオプティカルフローを示す模式図である。

【図4】図4は、パノラマ画像合成装置の構成を示すブロック図である。

【図5】図5は、パノラマ画像合成処理手順を示すフローチャートである。

【図6】図6は、平面射影行列を説明するための説明図である。

【図7】図7は、画素値調合方法の一例を説明するための説明図である。

【図8】図8は、パノラマ画像合成プログラムのファイルをサーバを介してユーザに提供する場合を示す模式図である。

【図9】図9は、パノラマ画像合成プログラムが組み込まれたデジタルスチルカメラの構成を示すブロック図である。

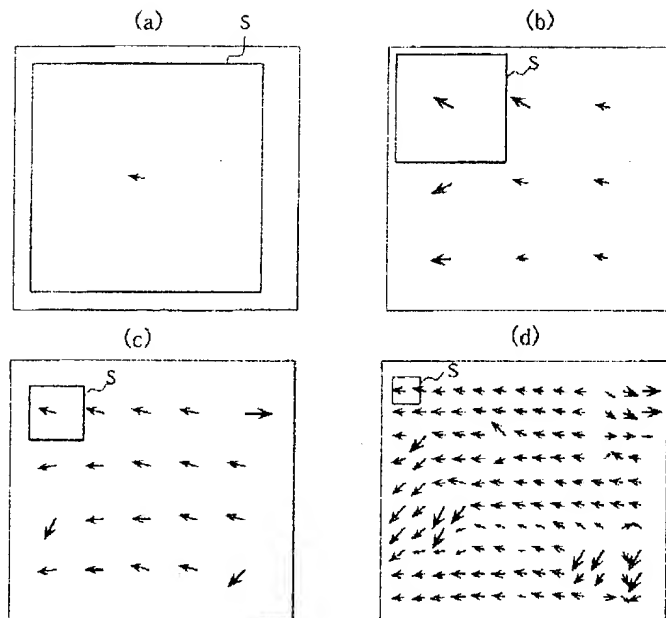
【符号の説明】

- 10 パーソナルコンピュータ
- 11 CPU
- 12 メモリ
- 13 ハードディスク
- 14 リムーバブルディスクのドライブ
- 21 ディスプレイ
- 22 マウス
- 23 キーボード

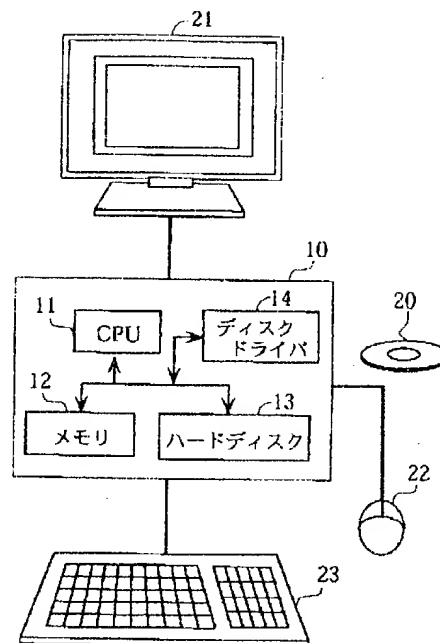
【図8】



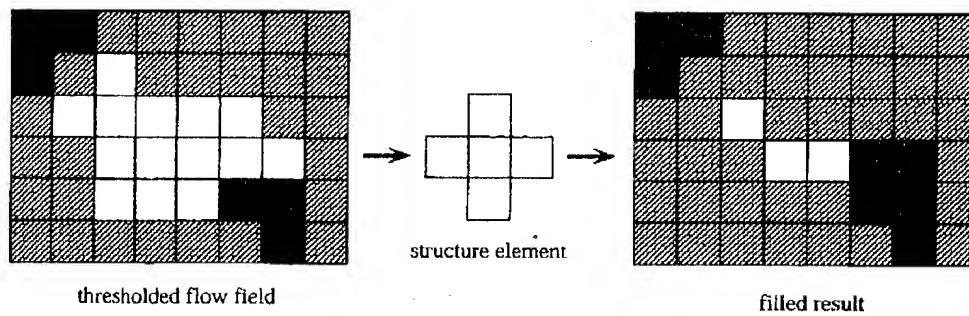
【図 1】



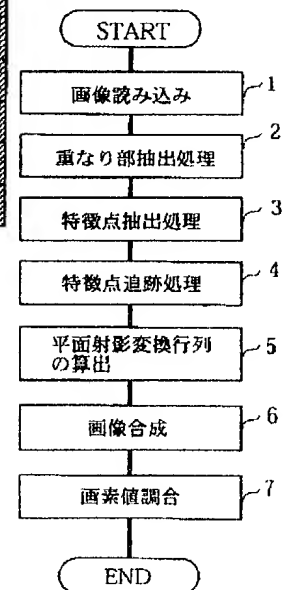
【図 4】



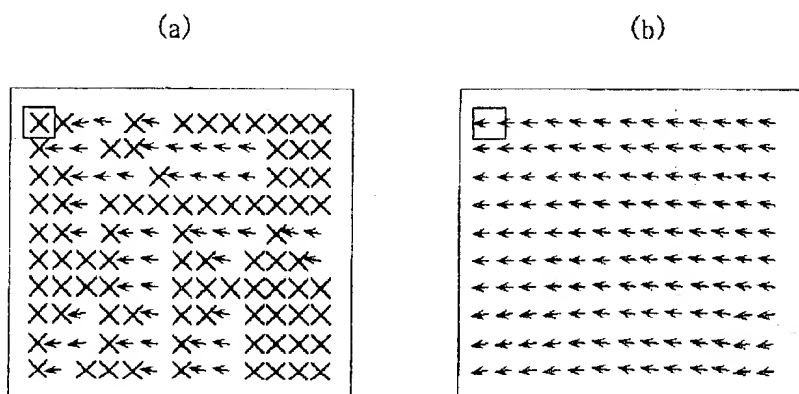
【図 2】



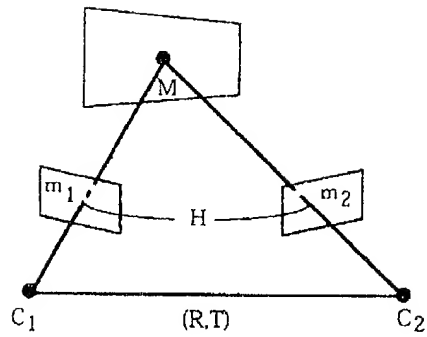
【図 5】



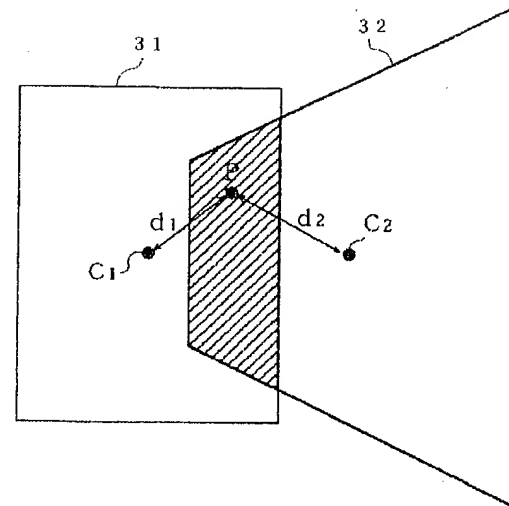
【図 3】



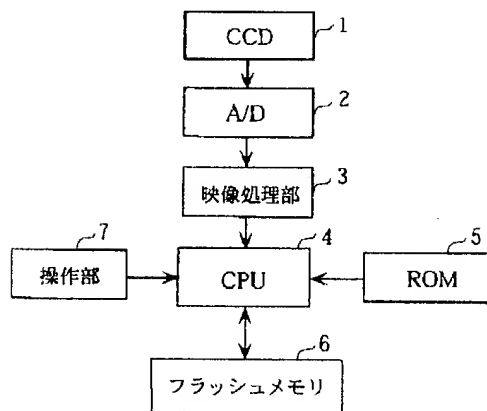
【図6】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(72) 発明者 蚊野 浩
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72) 発明者 金出 武雄
アメリカ合衆国 ペンシルバニア州
15110 ドウケーン ワン サウス リン
デン ストリート ケー スクウェア テ
ィー インコーポレーテッド内